

CHU

日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

PCT/JPCO/06949

05.10.00

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2000年 1月 7日

REC'D 28 NOV 2000

出 願 番 号  
Application Number:

特願2000-001921

WIPO PCT

出 願 人  
Applicant (s):

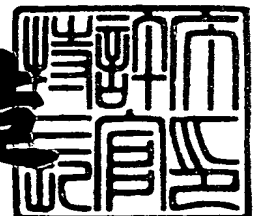
花王株式会社

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2000年11月10日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3092599

【書類名】 特許願

【整理番号】 P99-1179

【提出日】 平成12年 1月 7日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 A06B 5/05

【発明の名称】 体脂肪測定方法

【請求項の数】 4

【発明者】

【住所又は居所】 栃木県芳賀郡市貝町赤羽 2 6 0 6 番地 花王株式会社研  
究所内

【氏名】 恩田 智彦

【発明者】

【住所又は居所】 栃木県芳賀郡市貝町赤羽 2 6 0 6 番地 花王株式会社研  
究所内

【氏名】 片嶋 充弘

【発明者】

【住所又は居所】 栃木県芳賀郡市貝町赤羽 2 6 0 6 番地 花王株式会社研  
究所内

【氏名】 木村 毅

【発明者】

【住所又は居所】 栃木県芳賀郡市貝町赤羽 2 6 0 6 番地 花王株式会社研  
究所内

【氏名】 榎 和男

【発明者】

【住所又は居所】 栃木県芳賀郡市貝町赤羽 2 6 0 6 番地 花王株式会社研  
究所内

【氏名】 山口 亨

【特許出願人】

【識別番号】 000000918

【氏名又は名称】 花王株式会社

【代理人】

【識別番号】 100083806

【弁理士】

【氏名又は名称】 三好 秀和

【電話番号】 03-3504-3075

【選任した代理人】

【識別番号】 100068342

【弁理士】

【氏名又は名称】 三好 保男

【選任した代理人】

【識別番号】 100100712

【弁理士】

【氏名又は名称】 岩▲崎▼ 幸邦

【選任した代理人】

【識別番号】 100087365

【弁理士】

【氏名又は名称】 栗原 彰

【選任した代理人】

【識別番号】 100079946

【弁理士】

【氏名又は名称】 横屋 赳夫

【選任した代理人】

【識別番号】 100100929

【弁理士】

【氏名又は名称】 川又 澄雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100108707

【弁理士】

【氏名又は名称】 中村 友之

【選任した代理人】

【識別番号】 100095500

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊藤 正和

【選任した代理人】

【識別番号】 100101247

【弁理士】

【氏名又は名称】 高橋 俊一

【選任した代理人】

【識別番号】 100098327

【弁理士】

【氏名又は名称】 高橋 俊雄

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 001982

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 体脂肪測定方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被測定体の外周上に被測定体を挟んで略対向して配置した二つの電流用電極間に電流を流し、

前記被測定体の外周上で前記二つの電流用電極間の略中間の位置に前記被測定体の外周長に比べ十分に距離を短くして配置した二つの測定用電極間に発生する電圧を測定し、

前記電圧に、前記被測定体の大きさを反映する特性量のべき乗を乗じた値を用いて、前記被測定体の内臓脂肪量を算出する体脂肪測定方法。

【請求項 2】 被測定体の外周上に被測定体を挟んで略対向して配置した二つの電流用電極間に電流を流し、

前記二つの電流用電極のそれぞれの電極近傍に一つずつ配置した測定用電極間に発生する電圧を測定し、

前記電圧に、前記被測定体の大きさを反映する特性量のべき乗を乗じた値を用いて、前記被測定体の皮下脂肪量と内臓脂肪量の和の値を算出する体脂肪測定方法。

【請求項 3】 被測定体の外周上に被測定体を挟んで略対向して配置した二つの電流用電極間に電流を流し、

前記二つの電流用電極のいずれか一つの電極近傍に配置した測定用電極及び前記被測定体の外周上で前記二つの電流用電極間の略中間の位置に配置した測定用電極間に発生する電圧を測定し、

前記電圧に、前記被測定体の大きさを反映する特性量のべき乗を乗じた値を用いて、前記被測定体の皮下脂肪量と内臓脂肪量の和の値を算出する体脂肪測定方法。

【請求項 4】 前記大きさを反映する特性量が、前記被測定体の幅あるいは外周長である請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 項記載の体脂肪測定方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、人体の表面近傍に層状に存在する皮下脂肪、及び人体の内部に存在する内臓脂肪を簡便且つ高精度で測定する体脂肪測定方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

媒体の電気インピーダンスの違いを利用して、三次元物体中の媒体の空間分布を導出する方法として、測定対象の物体に電流を印加し、物体の表面上に誘起した電位分布から物体の内部のインピーダンス分布を画像化するインピーダンスCT法が知られている。この技術は、生体中の血液、肺、脂肪等の分布の測定に応用されつつある（日本ME学会BME Vol,8, No.8(1994)p.49）。

【0003】

インピーダンスCT法の外、電気インピーダンスの測定によって皮下脂肪量並びに内臓脂肪量を測定する装置として、特開平11-113870号公報に記載された体脂肪測定装置（従来技術1）や特開平11-123182号公報に記載された体内脂肪計（従来技術2）がある。従来技術1に記載の体脂肪測定装置は、複数の電極を体表面に装着し、電極間のインピーダンスを計測し電極装着部位断面のインピーダンス行列を生成し、演算手段が入力手段からの装着部位情報に応じた係数行列との積を求めて対象断面の体脂肪分布を算出している。また、従来技術2に記載の体内脂肪計は、被験者の腹部の周囲に巻き付けた巻帯の内側に略等間隔でそれぞれ電流路形成電極及び計測用電極を有する電極対を設け、選択した2つの電極対の電流路形成電極間に交流を流して電流路を形成し、計測用電極は、形成された電流路におけるインピーダンスを計測する。2つの電極対を適宜選択することで、隣接する電極対間では主として測定部位の皮下脂肪を計測し、対向する電極間では主として測定部位の内臓脂肪を計測している。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

インピーダンスCT法を体脂肪測定に応用した装置では、体内の脂肪分布を推定する空間分解能が十分でないため、体脂肪量の定量的算出が難しく、しかも、その算出に大規模な数値計算が必要であった。

## 【 0 0 0 5 】

従来技術 1 の体脂肪測定装置は、装着部位に応じた係数行列の具体的生成方法及びインピーダンス行列と係数行列との積から対象断面の体脂肪分布画像を生成する具体的方法に関する記載が無い。

## 【 0 0 0 6 】

従来技術 2 の体内脂肪計は、測定部位の皮下脂肪量を測定できるが、測定量には、人体の内部に存在する他の媒体の量や分布の影響が含まれ、精度が不十分であった。また、人体内部の内臓脂肪を測定しようとしても、人体の表面近傍に層状に存在する皮下脂肪の影響が非常に大きく測定が困難であった。

## 【 0 0 0 7 】

本発明は、簡便且つ高精度に、人体の表面近傍に層状に存在する皮下脂肪の断面積等の皮下脂肪量や人体の内部に存在する内臓脂肪の断面積などの内臓脂肪量を測定することができる体脂肪測定法を提供することを課題とする。

## 【 0 0 0 8 】

## 【課題を解決するための手段】

前記課題を解決するために、本発明の体脂肪測定方法は、被測定体の外周上に被測定体を挟んで略対向して配置した二つの電流用電極間に電流を流し、被測定体の外周上で二つの電流用電極間の略中間の位置に被測定体の外周長に比べ十分に距離を短くして配置した二つの測定用電極間に発生する電圧を測定し、その電圧に、被測定体の大きさを反映する特性量のべき乗を乗じた値を用いて、被測定体の内臓脂肪量を算出する。

## 【 0 0 0 9 】

また、被測定体の外周上に被測定体を挟んで略対向して配置した二つの電流用電極間に電流を流し、二つの電流用電極のそれぞれの電極近傍に一つずつ配置した測定用電極間に発生する電圧を測定し、その電圧に、被測定体の大きさを反映する特性量のべき乗を乗じた値を用いて、被測定体の皮下脂肪量と内臓脂肪量の和の値を算出する。

## 【 0 0 1 0 】

なお、本発明では、被測定体の内部に存在する脂肪量のことを便宜上総称して

内臓脂肪量と呼び、それは内臓周囲に付着した本来の内臓脂肪量その他、肝脂肪など体内に存在する脂肪一般の量をさすものとする。

#### 【 0 0 1 1 】

また、被測定体の大きさを反映する特性量とは、被測定体、例えば人体の断面の大きさを反映する量のことであり、人体の断面の外周長 $U$ や図2に示すような人体の断面の縦幅 $W1$ と横幅 $W2$ などがあげられる。人体の大きさを反映する特性量のべき乗とは、典型的には、縦幅と横幅の積 $W1 \cdot W2$ 及び外周長 $U$ の二乗 $U^2$ が例としてあげられるが、それ以外にも、 $W1$ 、 $W2$ 、 $U$ などの一乗や、 $W1^2$ 、 $W2^2$ 、 $W1 \cdot U$ 、 $W2 \cdot U$ などの二乗、 $U^3$ 、 $W1 \cdot W2 \cdot U$ などの三乗、 $U^4$ などの四乗などの整数乗を用いることもできる。あるいはまた、 $U^{1.8}$ や $U^{2.2}$ などの大きさを反映する特性量の非整数乗を用いても良いし、これらの量のうちのいくつかの重み付き線形和又は差でもよい。人体の大きさを反映する特性量として、上記のような長さの他に、人体の断面の面積 $S$ や断面の大きさを間接的に反映する人体の体重又は体重と身長之比などを用いることもできる。

#### 【 0 0 1 2 】

##### 【発明の実施の形態】

##### （第1の実施の形態）

第1の実施の形態の体脂肪測定方法及びその装置は、人体の内部に存在する内臓脂肪の断面積などの内臓脂肪量を測定する。

#### 【 0 0 1 3 】

図1に示す第1の実施の形態の第1の実施例の体脂肪測定装置は、被測定体である人体1の例えば腹部の外周上に、該人体1を挟んで略対向して配置した二つの電流用電極2、3と、電流源4と、人体1の外周上で二つの電流用電極2-3間の略中間の位置に外周長に比べ十分に距離を短くして配置した二つの測定用電極5、6と、二つの測定用電極5-6間に発生する電圧を測定する電圧計7と、電圧計7で測定された電圧に別に測定した人体1の大きさを反映する特性量のべき乗を乗じた値に基づいて人体1の内臓脂肪10の断面積を算出する体脂肪算出部26を備える。体脂肪算出部26は、コンピュータで構成する。人体1は、皮



下脂肪 8、皮下脂肪 8 とはインピーダンスが異なる筋肉等の非脂肪 9、被測定媒体である内臓脂肪 10 からなる。電流用電極 2、3 の人体上の位置は、例えばそれぞれ背中周辺と腹部周辺、あるいは両脇腹部などに配置できるが、内臓脂肪面積を測定する精度の観点からは、背中周辺と腹部周辺に配置するのが好ましい。

## 【 0 0 1 4 】

次に体脂肪測定方法を説明する。まず、図 1 に示す測定装置において、電流用電極 2 - 3 間に電流を流し、測定用電極 5 - 6 間に発生する電圧  $V$  を電圧計 7 で測定し、体脂肪算出部 26 は、電圧計 7 で測定された電圧  $V$  に別に測定した人体 1 の大きさを反映する特性量のべき乗を乗じた値から、人体 1 の内臓脂肪の断面積  $m$  を算出する。

## 【 0 0 1 5 】

本発明者らは、図 1 に示す測定装置で測定された電圧  $V$  が、内臓脂肪 10 の断面積  $m$  と人体 1 の断面積  $S$  との比  $m/S$  に相関することを見出し、先に特許出願した（特願平 11 - 294431 に記載の体脂肪測定方法及びその装置）。その後の検討により、電圧  $V$  と断面積  $S$  との積  $V \times S$  が、断面積  $m$  とさらに強い相関を示すことが見出された。すなわち、電圧  $V$  と断面積  $S$  をそれぞれ測定し、積  $V \times S$  を算出することにより、内臓脂肪の断面積  $m$  がいっそう精度良く求まる。また、断面積  $S$  に代え、人体 1 の断面の縦幅  $W1$  と横幅  $W2$  との積  $W1 \times W2$  または人体 1 の断面の外周長  $U$  の二乗  $U^2$  を用いても同様に精度良く内臓脂肪の断面積  $m$  が求まることがわかり、測定がより簡便となった。さらに、電圧  $V$  に乗じる量として、 $W1 \times W2$  や  $U^2$  だけではなく大きさを反映する特性量のその他のべき乗を用いても、ほぼ同様な精度で内臓脂肪の断面積  $m$  が求まることもわかった。

## 【 0 0 1 6 】

なお、電流源 4 は直流電源、交流電源の何れでも良い。電流源 4 が交流電源である場合、電圧計 7 での電圧値（電圧の振幅又は実効値）の測定の際に位相遅れを同時に測定してもよく、その場合、測定した位相遅れをデータ解析に利用できる。人体の測定では、扱いやすさの観点から交流であることが好ましく、周波数は、通常 10 kHz ~ 500 kHz を用いることができ、特に、50 kHz ~ 2

0 0 k H z を用いるのが好ましい。

【 0 0 1 7 】

内臓脂肪 1 0 の量の定量的な算出のため、電圧と大きさを反映する特性量のべき乗との積、例えば  $V \times W 1 \times W 2$  又は  $V \times U^2$  と、内臓脂肪 1 0 の量  $m$  とを関係付ける相関式を予め作成しておく。具体的には、同じ媒体で構成されているが、種々の量  $m$  を持つサンプルを複数用意し、それらに対して前述の方法で測定した値  $V \times W 1 \times W 2$  又は  $V \times U^2$  と、実際の内臓脂肪量  $m$  の相関式を作成する。電圧値  $V$  の測定では、全てのサンプルで流す電流を同一にするか、あるいは、サンプル毎に異なる電流を流し、得られた電圧値を同一の電流量を流したときに発生する電圧値に換算する。大きさを反映する特性量  $W 1$ 、 $W 2$  及び  $U$  の測定には、例えば、巻き尺やものさし等の測長器を使うことができる。内臓脂肪の断面積  $m$  を測定する方法として、X線 C T 法や M R I 法から得られた断層像から求める方法、あるいはサンプルが人体でない場合にはサンプルを機械的に切断しその切断面から直接的に断面積を測定する方法などがある。予め内部構造のわかっているサンプルを用いてもよい。なお、断層像から断面積を算出する場合、電流の拡がりを考慮して、該断面だけでなく、その近傍の断層像をも撮影し、それらの複数枚の断層像の平均から内臓脂肪の断面積を算出すると精度が向上する。相関式は多変量解析手法を用いて線形多項式で近似して表せ、回帰係数  $a 0$ 、 $a 1$  を用いて、 $m = a 0 + a 1 \cdot V \cdot W 1 \cdot W 2$  あるいは  $m = a 0 + a 1 \cdot V \cdot U^2$  となる。あるいは、 $W 1 \cdot W 2$  や  $U^2$  を独立変数にとり且つ回帰係数  $a 2$  を用いて、 $m = a 0 + a 1 \cdot V \cdot W 1 \cdot W 2 + a 2 \cdot W 1 \cdot W 2$  又は  $m = a 0 + a 1 \cdot V \cdot U^2 + a 2 \cdot U^2$  としたり、人体 1 に対して別の電流路で測定した別の電圧  $V'$  を用いて、 $m = a 0 + a 1 \cdot V \cdot W 1 \cdot W 2 + a 2 \cdot V' \cdot W 1 \cdot W 2$  又は  $m = a 0 + a 1 \cdot V \cdot U^2 + a 2 \cdot V' \cdot U^2$  とすることにより、相関式の精度を向上させることもできる。人体 1 の大きさを反映する特性量のべき乗として、 $W 1 \cdot W 2$  や  $U^2$  以外の量を選んだときには、その量を上式中の  $W 1 \cdot W 2$  や  $U^2$  と置き換えればよい。相関式が設定されれば、未知のサンプルに対して測定された電圧値  $V$  と人体 1 の大きさを反映する特性量とから相関式に従って内臓脂肪量  $m$  を算出できる。

## 【 0 0 1 8 】

図 1 において、測定用電極 5 - 6 間の距離は最適な範囲に設定することが好ましい。電極 5 と電極 6 との距離が小さすぎると、電極 5 - 6 間に十分な電位差が発生せず、測定感度上好ましくない。この観点から、電極 5 - 6 間の距離は通常 3 c m 以上であることが好ましい。一方、電極 5 と電極 6 との距離が大きすぎると、測定電圧に皮下脂肪 8 の分布や量の影響が現れるため、電極間距離は外周長の  $1/6$  以下であることが好ましい。

## 【 0 0 1 9 】

次に第 2 実施例を説明する。図 3 に示す第 2 実施例の体脂肪測定装置は、複数の方向に順次電流を流しながら人体 1 の内臓脂肪量を自動的に測定する。図 3 において、人体 1 の外周上には複数の電極 1 6 a ~ 1 6 h が配置され、複数の電極 1 6 a ~ 1 6 h は電流電極選択用スイッチ 1 7 及び電圧電極選択用スイッチ 1 8 に接続されている。

## 【 0 0 2 0 】

データ入力装置 2 3 から入力された電極選択用データをコンピュータ 2 5 からの指示で電流電極選択用スイッチ 1 7 に伝え、電流電極選択用スイッチ 1 7 によって、複数の電極 1 6 a ~ 1 6 h のうちいずれか二つを電流用電極として選択する。交流発振器 1 9 の出力を電圧・電流変換器 2 0 により変換して印加することで、電流用電極間に所定の電流を流すことができる。

## 【 0 0 2 1 】

コンピュータ 2 5 の指示に従って電圧電極選択用スイッチ 1 8 により残りの電極から選択した測定用電極間の電圧値を差動増幅器 2 1 及び A / D 変換器 2 2 を介してコンピュータ 2 5 に取り込む。以上の処理を、コンピュータ 2 5 の指示に従って電流用電極を順次選択しながら繰り返す。コンピュータ 2 5 に取り込まれた電圧データは標準電流を流したときに発生する電圧値に変換された後、データ入力装置 2 3 からコンピュータ 2 5 に別に入力された人体 1 の大きさを反映する特性量とともに、予めデータ入力装置 2 3 から入力されていた電圧、人体 1 の大きさを反映する特性量と内臓脂肪の量  $m$  との相関式に当てはめられ、内臓脂肪量  $m$  が求められる。内臓脂肪量  $m$  はコンピュータ 2 5 からデータ出力装置 2 4 に送

られ、表示される。

#### 【 0 0 2 2 】

ここで、複数の電極 1 6 a ~ 1 6 h に対して、例えば、図 4 ( a ) 及び図 4 ( b ) に示すような電流用電極及び測定用電極の配置となるように順次電極を選択して 2 個の電圧  $V_1$  ,  $V_2$  を測定し、別に測定した人体 1 の縦幅  $W_1$  と横幅  $W_2$  または外周長  $U$  とともに、回帰係数  $a_0$  ,  $a_1$  ,  $a_2$  を用いて、第 1 実施例と同様な相関式  $m = a_0 + a_1 \cdot V_1 \cdot W_1 \cdot W_2 + a_2 \cdot V_2 \cdot W_1 \cdot W_2$  または  $m = a_0 + a_1 \cdot V_1 \cdot U^2 + a_2 \cdot V_2 \cdot U^2$  に当てはめることにより、人体 1 の内部に存在する内臓脂肪 1 0 の量を高精度で測定する。なお、背骨のごく周囲は、体表面が凹凸していて設置した電極が肌との間の接触不良を起こしやすい。このため、電極 3 を腹部のへそ近傍、電極 2 を背骨の左脇及び右脇の略左右対称な位置に配置することで、精度よく測定できる。

#### 【 0 0 2 3 】

##### (第 2 の実施の形態)

第 2 の実施の形態の体脂肪測定方法及びその装置は、人体の皮下脂肪の断面積などの皮下脂肪量と内臓脂肪の断面積などの内臓脂肪量との和の値を測定する。

#### 【 0 0 2 4 】

図 5 に示す第 2 の実施の形態の第 1 の実施例の体脂肪測定装置は、被測定体である人体 1 の例えば腹部の外周上に、該人体 1 を挟んで略対向して配置した二つの電流用電極 2 , 3 と、電流源 4 と、電極 2 の近傍に配置した測定用電極 1 1 と、電極 3 の近傍に配置した測定用電極 1 2 と、二つの測定用電極 1 1 - 1 2 間に発生する電圧を測定する電圧計 7 と、電圧計 7 で測定された電圧に別に測定した人体 1 の大きさを反映する特性量のべき乗を乗じた値に基づいて人体 1 の皮下脂肪 8 の断面積と内臓脂肪 1 0 の断面積の和を算出する体脂肪算出部 2 6 を備える。電流用電極 2 , 3 の人体上の位置は、例えばそれぞれ背中周辺と腹部周辺、あるいは両脇腹部などに配置できるが、脂肪量を測定する精度の観点からは、背中周辺と腹部周辺に配置するのが好ましい。又、電極 3 の近傍に配置すべき測定用電極は、図 6 に示すように、電極 3 を挟んで電極 1 2 と略対称な位置に電極 1 3 を配置することもできる。

## 【0025】

次に体脂肪測定方法を説明する。まず、図5に示す測定装置において、電流用電極2-3間に電流を流し、測定用電極11と測定用電極12との間に発生する電圧Vを電圧計7で測定し、体脂肪算出部26は、電圧計7で測定された電圧Vに別に測定した人体1の大きさを反映する特性量のべき乗を乗じた値から、人体1の皮下脂肪8の断面積と内臓脂肪10の断面積との和 $m'$ を算出する。

## 【0026】

なお、電流源4については、第1の実施の形態で既に説明したので、ここではその詳細な説明は省略する。

## 【0027】

図5に示すように、人体1に対し略横断する方向に電流を流したときに発生する電圧が、人体1の電気抵抗の主要部を占める脂肪量と何らかの相関があることは容易に予測されたが、意外なことに、電圧値に人体1の大きさを反映する特性量のべき乗を乗じることによって、その値は該断面上の皮下脂肪8の断面積と内臓脂肪10の断面積との和と極めて強い相関を示した。

## 【0028】

皮下脂肪8と内臓脂肪10の量の和 $m'$ の定量的な算出のため、電圧と大きさを反映する特性量のべき乗との積、例えば $V \times W1 \times W2$ 又は $V \times U^2$ と、脂肪量 $m'$ とを関係付ける相関式を予め作成しておく。具体的には、同じ媒体で構成されているが、種々の量 $m'$ をもつサンプルを複数用意し、それらに対して前述の方法で測定した値 $V \times W1 \times W2$ 又は $V \times U^2$ と、実際の脂肪量 $m'$ の相関式を作成する。電圧値Vの測定では、全てのサンプルで流す電流を同一にするか、あるいは、サンプル毎に異なる電流を流し、得られた電圧値を同一の電流量を流したときに発生する電圧値に換算する。大きさを反映する特性量W1, W2及びUの測定には、例えば、巻き尺やものさし等の測長器を使うことができる。皮下脂肪及び内臓脂肪の断面積を測定する方法として、X線CT法やMRI法から得られた断層像から求める方法、あるいはサンプルが人体でない場合にはサンプルを機械的に切断しその切断面から直接的に断面積を測定する方法などがある。予め内部構造のわかっているサンプルを用いてもよい。なお、断層像から断面積を

算出する場合、電流の拡がりを考慮して、該断面だけでなく、その近傍の断層像をも撮影し、それらの複数枚の断層像の平均から脂肪の断面積を算出すると精度が向上する。相関式は多変量解析手法を用いて線形多項式で近似して表せ、回帰係数  $a_0$ 、 $a_1$  を用いて、 $m' = a_0 + a_1 \cdot V \cdot W_1 \cdot W_2$  あるいは  $m' = a_0 + a_1 \cdot V \cdot U^2$  となる。あるいは、 $W_1 \cdot W_2$  や  $U^2$  を独立変数にとり且つ回帰係数  $a_2$  を用いて、 $m' = a_0 + a_1 \cdot V \cdot W_1 \cdot W_2 + a_2 \cdot W_1 \cdot W_2$  又は  $m' = a_0 + a_1 \cdot V \cdot U^2 + a_2 \cdot U^2$  などとしたり、人体 1 に対して別の電流路で測定した別の電圧  $V'$  を用いて、 $m' = a_0 + a_1 \cdot V \cdot W_1 \cdot W_2 + a_2 \cdot V' \cdot W_1 \cdot W_2$  又は  $m' = a_0 + a_1 \cdot V \cdot U^2 + a_2 \cdot V' \cdot U^2$  とすることにより、相関式の精度を向上させることもできる。人体 1 の大きさを反映する特性量のべき乗として、 $W_1 \cdot W_2$  や  $U^2$  以外の量を選んだときには、その量を上式中の  $W_1 \cdot W_2$  や  $U^2$  と置き換えればよい。相関式が設定されれば、未知のサンプルに対して測定された電圧値  $V$  と人体 1 の大きさを反映する特性量とから相関式に従って脂肪量  $m'$  を算出できる。

## 【 0 0 2 9 】

図 5 において、電流用電極 2 と測定用電極 1 1 との距離は最適な範囲に設定することが好ましい。電極 2 と電極 1 1 との距離があまり大きいと、皮下脂肪 8 での電圧降下が測定電圧  $V$  に占める割合が少なくなり、測定精度が悪くなる。また、皮下脂肪 8 の厚みが薄いサンプルに対して測定感度が悪くなる。距離があまり小さいと、皮下脂肪 8 の厚みが厚いサンプルに対して測定感度が悪くなり、又電極の形状やサイズあるいは電極と人体 1 との間の接触状態が測定電圧値  $V$  に影響して好ましくない。電極 2 と電極 1 1 との距離はおおむね、被測定サンプルにおける皮下脂肪 8 の厚みの 0.3 ～ 3 倍にするのが好ましい。又、電流用電極 3 と測定用電極 1 2 との距離も同様である。

## 【 0 0 3 0 】

次に第 2 実施例を説明する。図 3 に示す第 2 実施例の体脂肪測定装置は、複数の方向に順次電流を流しながら人体 1 の皮下脂肪量と内臓脂肪量の和を自動的に測定する。図 3 に示すコンピュータ 2 5 によって皮下脂肪量と内臓脂肪量の和  $m'$  が求められ、求められた脂肪量  $m'$  はコンピュータ 2 5 からデータ出力装置 2

4 に送られ、表示される。

#### 【0031】

ここで複数の電極 16a～16h に対して、例えば、図 7 (a) 及び図 7 (b) に示すような電流用電極及び測定用電極の配置となるように順次電極を選択して 2 個の電圧  $V_1$ 、 $V_2$  を測定し、別に測定した人体 1 の縦幅  $W_1$  と横幅  $W_2$  または外周長  $U$  とともに、回帰係数  $a_0$ 、 $a_1$ 、 $a_2$  を用いて、第 1 実施例と同様な相関式  $m' = a_0 + a_1 \cdot V_1 \cdot W_1 \cdot W_2 + a_2 \cdot V_2 \cdot W_1 \cdot W_2$  または  $m' = a_0 + a_1 \cdot V_1 \cdot U^2 + a_2 \cdot V_2 \cdot U^2$  に当てはめることにより、人体 1 の皮下脂肪 8 と内臓脂肪 10 の量の和を高精度で測定できる。なお、背骨のごく周囲は、体表面が凹凸していて設置した電極が肌との間の接触不良を起こしやすい。このため、電極 3 を腹部のへそ近傍、電極 2 を背骨の左脇及び右脇の略左右対称な位置に配置することで、精度良く測定できる。

#### 【0032】

次に第 3 実施例を説明する。図 8 に示す第 3 実施例の体脂肪測定装置は、被測定体である人体 1 の例えば腹部の外周上に、該人体 1 を挟んで略対向して配置した二つの電流用電極 2、3 と、電流源 4 と、電極 3 の近傍に配置した測定用電極 14 と、人体 1 の外周上で二つの電流用電極 2-3 間の略中間の位置に配置した測定用電極 15 と、二つの測定用電極 14-15 間に発生する電圧を測定する電圧計 7 と、電圧計 7 で測定された電圧に別に測定した人体 1 の大きさを反映する特性量のべき乗を乗じた値に基づいて人体 1 の皮下脂肪 8 の断面積と内臓脂肪 10 の断面積の和を算出する体脂肪算出部 26 を備える。電流用電極 2、3 の人体上の位置は、例えばそれぞれ背中周辺と腹部周辺、あるいは両脇腹部などに配置できるが、脂肪量を測定する精度の観点からは、背中周辺と腹部周辺に配置するのが好ましい。電流用電極 3 と測定用電極 14 との距離は図 5 における電流用電極 2 と測定用電極 11 との距離と同様な最適な範囲を設定することが好ましい。

#### 【0033】

次に体脂肪測定方法を説明する。まず、図 8 に示す測定装置において、電流用電極 2-3 間に電流を流し、測定用電極 14 及び測定用電極 15 の間に発生する電圧  $V$  を電圧計 7 で測定し、体脂肪算出部 26 は、電圧計 7 で測定された電圧  $V$

に別に測定した人体 1 の大きさを反映する特性量のべき乗を乗じた値から、人体 1 の皮下脂肪 8 の断面積と内臓脂肪 1 0 の断面積との和  $m'$  を算出する。

#### 【 0 0 3 4 】

皮下脂肪 8 と内臓脂肪 1 0 の量の和  $m'$  の定量的な算出のため、電圧と大きさを反映する特性量のべき乗との積、例えば  $V \times W_1 \times W_2$  又は  $V \times U^2$  と、脂肪量  $m'$  とを関係付ける相関式を予め作成しておく。その作成は、第 1 実施例と同様な方法で行うことができ、第 1 実施例と同様な形の相関式に従って、未知のサンプルに対して測定された電圧値  $V$  と人体 1 の大きさを反映する特性量とから脂肪量  $m'$  を算出できる。

#### 【 0 0 3 5 】

第 1 及び第 2 の実施の形態の実施例において、複数の電流周波数で測定を行って、それらの測定結果を比較することで、測定結果の信頼性を高めることができる。

#### 【 0 0 3 6 】

なお、本発明は、第 1 の実施の形態の体脂肪測定装置と第 2 の実施の形態の体脂肪測定装置とを組み合わせた装置としても実現できる。この場合、第 2 の実施の形態の体脂肪測定装置で測定された皮下脂肪量と内臓脂肪量の和の値から、第 1 の実施の形態の体脂肪測定装置で測定された内臓脂肪量を差し引くことによって、人体の皮下脂肪量を高精度に測定でき、したがって内臓脂肪量／皮下脂肪量の比率 ( $V/S$  比) を算出できる。また、内臓脂肪が高脂血症、糖尿病、高血圧などの生活習慣病の源泉になっているという医学的見地から、第 1 の実施の形態の体脂肪測定装置で測定された内臓脂肪量に基づき、データ出力装置に健康アドバイスを表示することができる。また、第 2 の実施の形態の体脂肪測定装置で測定された皮下脂肪量と内臓脂肪量の和の値を、従来の体脂肪計の表示に使われている体脂肪率と相関させることもでき、データ出力装置に体脂肪率を表示することもできる。

#### 【 0 0 3 7 】

また、本発明は内臓脂肪量として一般の内臓脂肪のみならず肝脂肪量の推定に用いることもできる。また、被測定体としての人体の腹部は勿論、大腿部や上腕



等への適用も可能であり、それらの測定部位の皮下脂肪量等を測定することもできる。また、被測定体は人体に限定されることなく、豚、牛等の動物、まぐろ等の魚類であっても良く、これらの皮下脂肪量及び内部に存在する脂肪量も測定できる。

【 0 0 3 8 】

【発明の効果】

本発明によれば、インピーダンスCT法よりも極めて簡便且つ高精度に、被測定体の表面近傍に層状に存在する皮下脂肪の断面積等の皮下脂肪量や被測定体の内部に存在する内臓脂肪の断面積などの内臓脂肪量を測定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

第 1 の実施の形態の体脂肪測定装置の第 1 実施例を示す構成図。

【図 2】

人体の大きさを反映する特性量の一例を示す図。

【図 3】

第 1 の実施の形態の体脂肪測定装置の第 2 実施例を示す構成図。

【図 4】

図 3 に示す第 2 実施例における電流用電極及び測定用電極を順次選択した一例を示す構成図。

【図 5】

第 2 の実施の形態の体脂肪測定装置の第 1 実施例を示す構成図。

【図 6】

第 2 の実施の形態の体脂肪測定装置の第 1 実施例の他の構成例を示す図。

【図 7】

第 2 の実施の形態の体脂肪測定装置の第 2 実施例における電流用電極及び測定用電極を順次選択した一例を示す構成図。

【図 8】

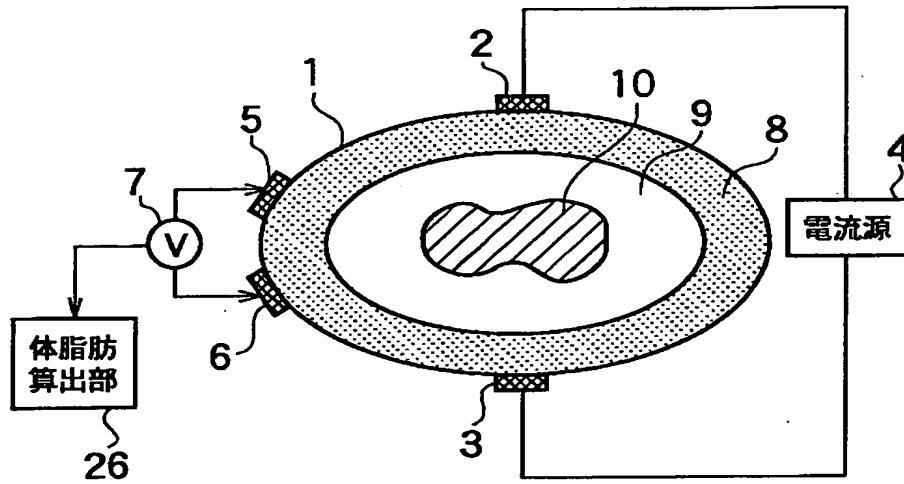
第 2 の実施の形態の体脂肪測定装置の第 3 実施例を示す構成図。

【符号の説明】

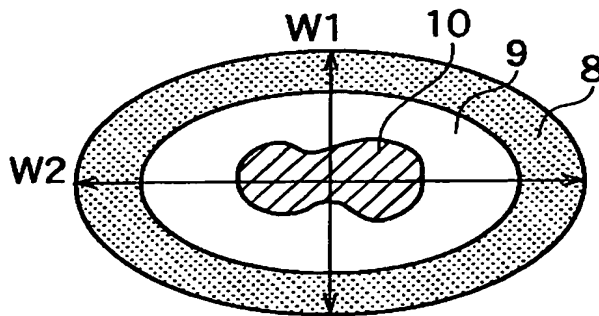
- 1 人体
- 2, 3 電流用電極
- 4 電流源
- 5, 6 測定用電極
- 7 電圧計
- 8 皮下脂肪
- 9 非脂肪
- 1 0 内臓脂肪
- 1 7 電流電極選択用スイッチ
- 1 8 電圧電極選択用スイッチ
- 1 9 交流発振器
- 2 0 電圧・電流変換器
- 2 1 差動増幅器
- 2 2 A/D変換器
- 2 3 データ入力装置
- 2 4 データ出力装置
- 2 5 コンピュータ
- 2 6 体脂肪算出部

【書類名】 図面

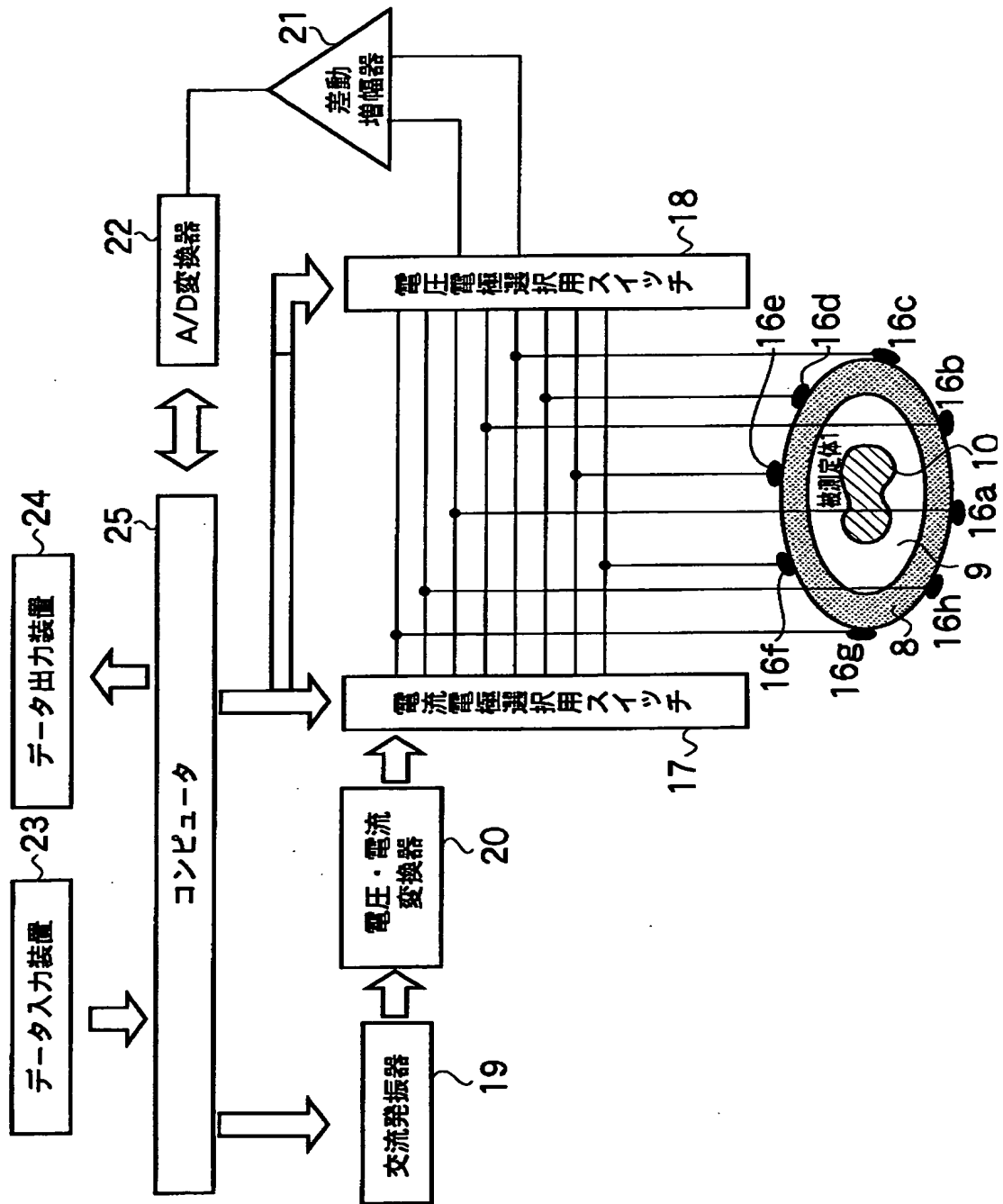
【図 1】



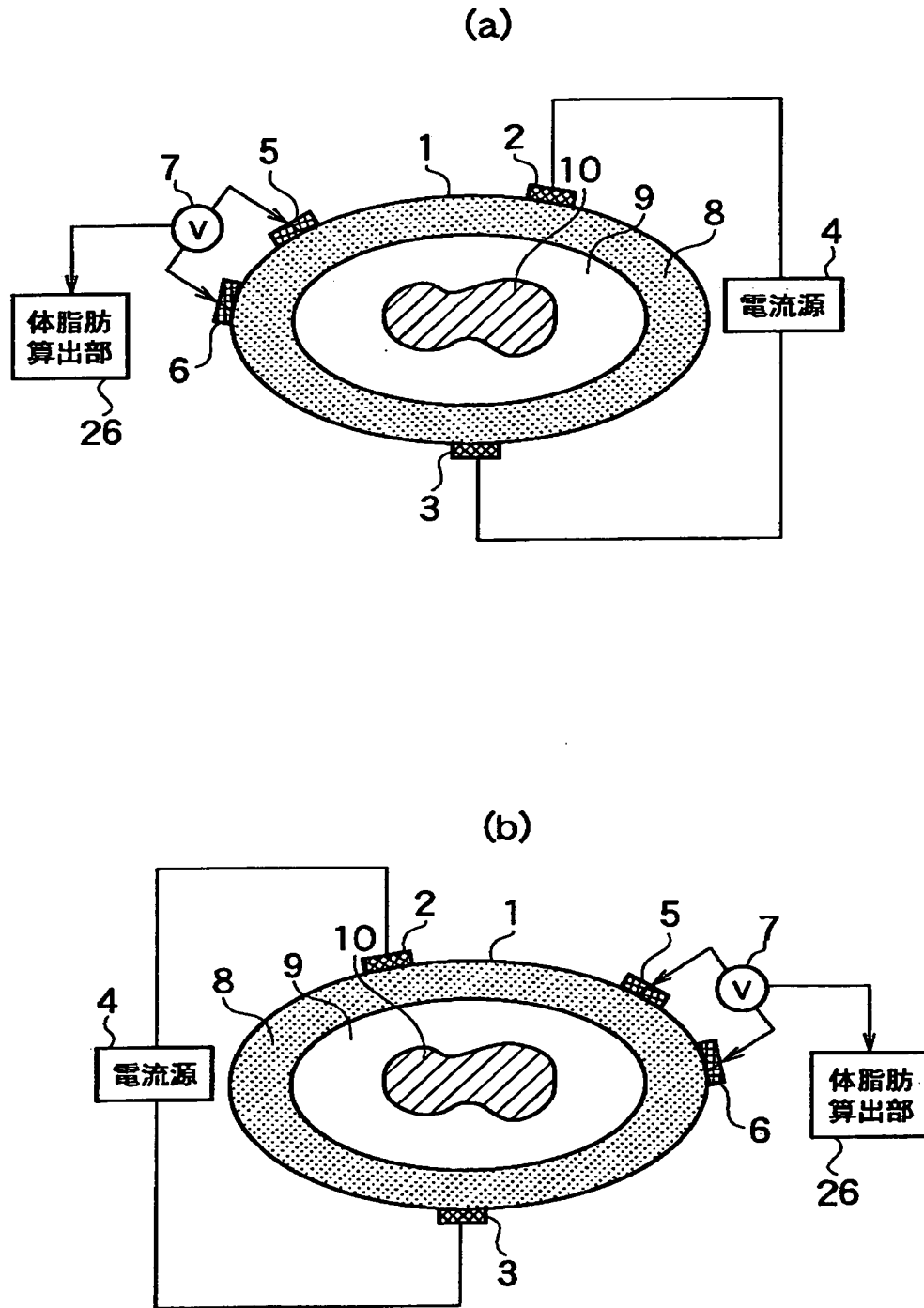
【図 2】



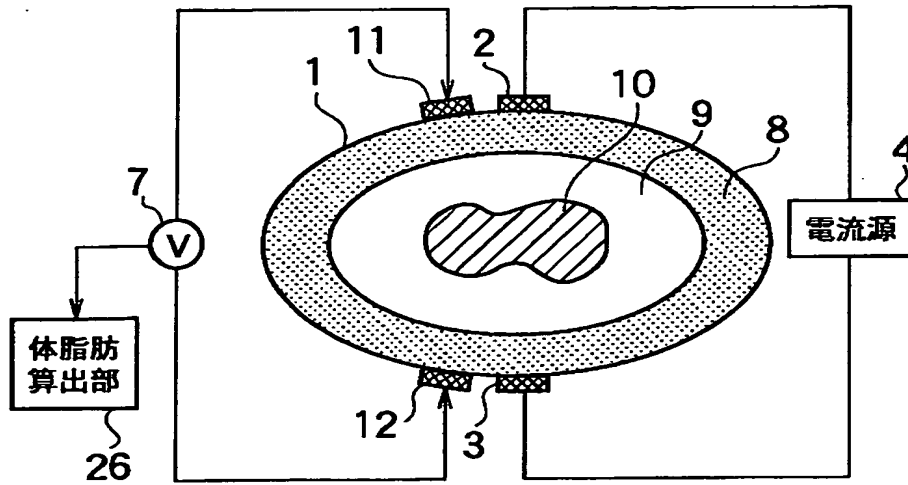
【図3】



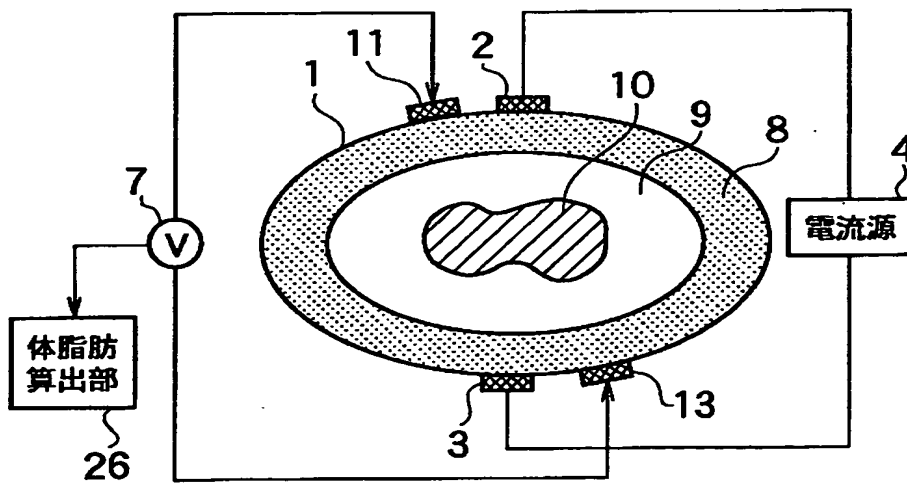
【図 4】



【図 5】

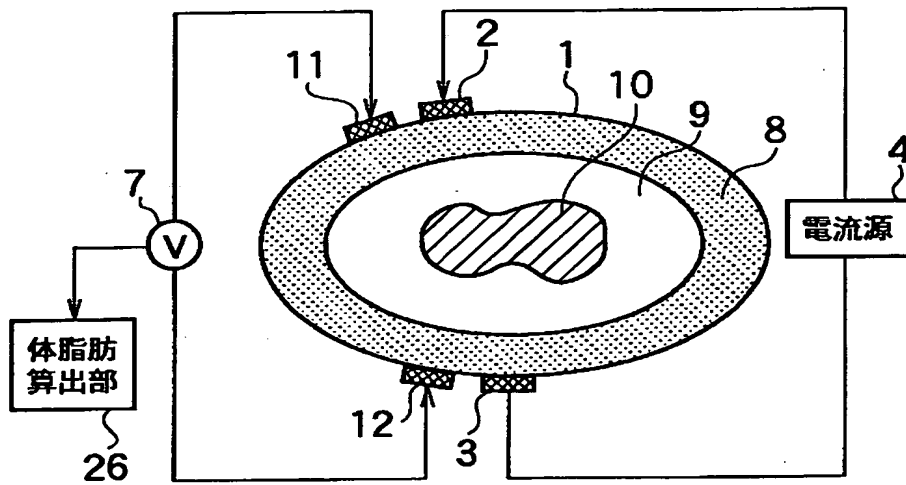


【図 6】

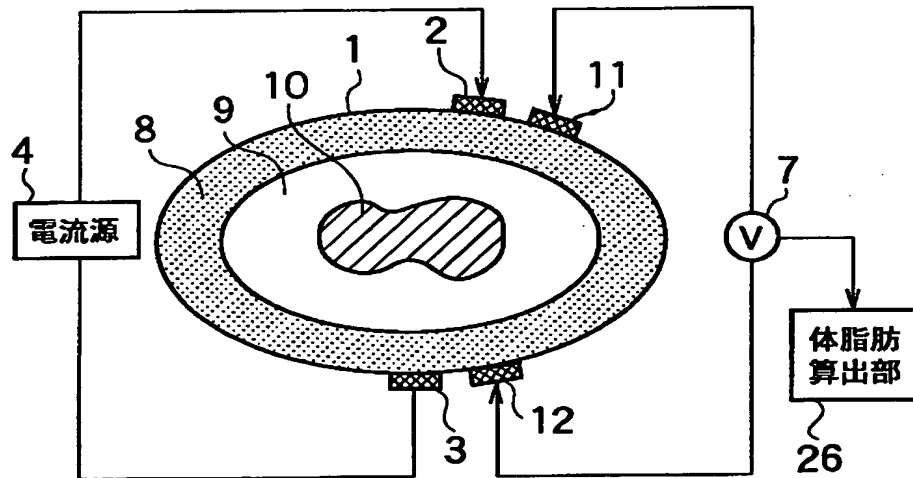


【図 7】

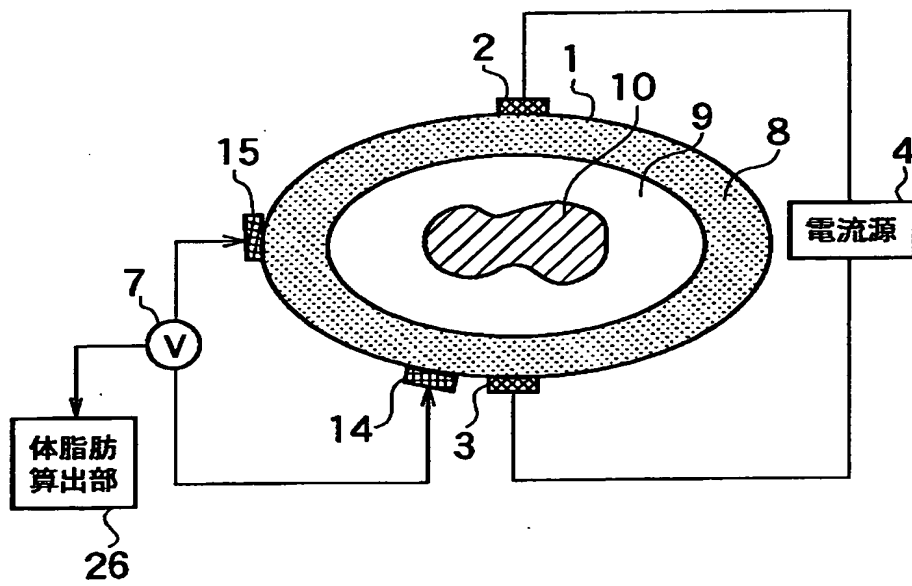
(a)



(b)



【図 8】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 簡便且つ高精度に、人体の表面近傍に層状に存在する皮下脂肪の断面積等の皮下脂肪量や人体の内部に存在する内臓脂肪の断面積などの内臓脂肪量を測定する体脂肪測定方法を提供する。

【解決手段】 人体 1 の外周上に人体 1 を挟んで略対向して配置した二つの電流用電極 2 - 3 間に電流源 4 により電流を流し、人体 1 の外周上で二つの電流用電極 2 - 3 間の略中間の位置に人体 1 の外周長に比べ十分に距離を短くして配置した二つの測定用電極 5 - 6 間に発生する電圧を電圧計 7 で測定し、体脂肪算出部 2 6 は、測定された電圧に、人体 1 の大きさを反映する特性量のべき乗を乗じた値を用いて、人体 1 の内臓脂肪量を算出する。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2000-001921
受付番号	50000010367
書類名	特許願
担当官	高瀬 清士 7493
作成日	平成12年 1月13日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000000918
【住所又は居所】	東京都中央区日本橋茅場町1丁目14番10号
【氏名又は名称】	花王株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】	100083806
【住所又は居所】	東京都港区虎ノ門1丁目2番3号 虎ノ門第一ビル9階 三好内外国特許事務所
【氏名又は名称】	三好 秀和

【選任した代理人】

【識別番号】	100068342
【住所又は居所】	東京都港区虎ノ門1丁目2番3号 虎ノ門第一ビル9階 三好内外国特許事務所
【氏名又は名称】	三好 保男

【選任した代理人】

【識別番号】	100100712
【住所又は居所】	東京都港区虎ノ門1丁目2番3号 虎ノ門第一ビル9階 三好内外国特許事務所
【氏名又は名称】	岩▲崎▼ 幸邦

【選任した代理人】

【識別番号】	100087365
【住所又は居所】	東京都港区虎ノ門1丁目2番3号 虎ノ門第一ビル9階 三好内外国特許事務所
【氏名又は名称】	栗原 彰

【選任した代理人】

【識別番号】	100079946
【住所又は居所】	東京都港区虎ノ門1丁目2番3号 虎ノ門第一ビル9階 三好内外国特許事務所

次頁有

認定・付加情報（続き）

【氏名又は名称】	横屋 越夫
【選任した代理人】	
【識別番号】	100100929
【住所又は居所】	東京都港区虎ノ門1丁目2番3号 虎ノ門第一ビル9階 三好内外国特許事務所
【氏名又は名称】	川又 澄雄
【選任した代理人】	
【識別番号】	100108707
【住所又は居所】	東京都港区虎ノ門1丁目2番3号 虎ノ門第1ビル9階三好内外国特許事務所
【氏名又は名称】	中村 友之
【選任した代理人】	
【識別番号】	100095500
【住所又は居所】	東京都港区虎ノ門1丁目2番3号 虎ノ門第一ビル9階 三好内外国特許事務所
【氏名又は名称】	伊藤 正和
【選任した代理人】	
【識別番号】	100101247
【住所又は居所】	東京都港区虎ノ門1丁目2番3号 虎ノ門第一ビル9階 三好内外国特許事務所
【氏名又は名称】	高橋 俊一
【選任した代理人】	
【識別番号】	100098327
【住所又は居所】	東京都港区虎ノ門1丁目2番3号 虎ノ門第一ビル9階 三好内外国特許事務所
【氏名又は名称】	高松 俊雄

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000000918]

1. 変更年月日	1990年 8月24日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都中央区日本橋茅場町1丁目14番10号
氏 名	花王株式会社